



Intelligent styring af dynamisk LED belysning

Thorseth, Anders; Corell, Dennis Dan; Hansen, Søren Stentoft; Dam-Hansen, Carsten; Petersen, Paul Michael

Publication date:
2013

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Thorseth, A., Corell, D. D., Hansen, S. S., Dam-Hansen, C., & Petersen, P. M. (2013). *Intelligent styring af dynamisk LED belysning*. Technical University of Denmark.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Intelligent styring af dynamisk LED belysning

af Anders Thorseth, Dennis Corell, Søren S. Hansen, Carsten Dam-Hansen og Paul Michael Petersen, DTU Fotonik.

Januar 2013

Denne slutrapport giver en kort beskrivelse af arbejdet, der er udført af DTU Fotonik i projektet "Intelligent styring af dynamisk LED belysning" støttet af EUDP. Arbejdet er udført i perioden 2011-2012 i samarbejde med Lighten.

Indhold

Indledning.....	2
LED enhed.....	2
Lampedesign.....	4
Styringselektronik.....	4
Sensorstyring	5
Styringsprogram	6
Konklusion	8

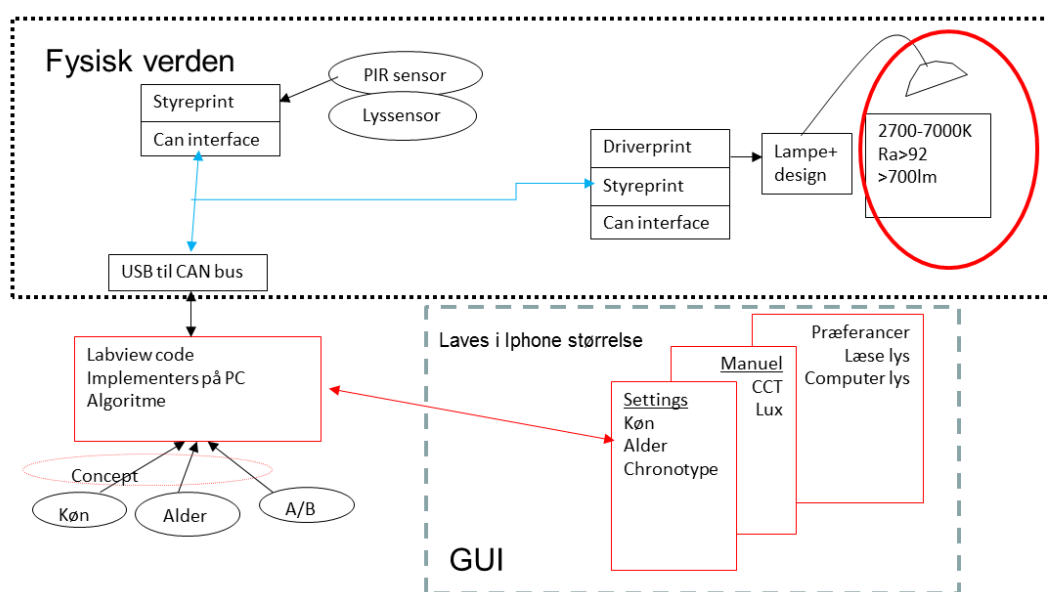
Indledning

Der er udviklet et intelligent belysningssystem i form af en arbejdslampe, som muliggør dynamisk ændring af lysets farvesammensætning. Det intelligente belysningssystem inkluderer en LED enhed til generation af høj kvalitets dynamisk lys, driver elektronik, sensorer, lampe design og styringsprogram med brugerinterface og lysstyringsalgoritmer. Alle disse dele er udviklet specielt i projektet til dette formål. Systemet er udført i 12 enheder, som i projektet bruges til brugertest af det intelligente belysningssystem.

På Figur 1 er vist et skematisk overblik over den udviklede intelligente lampeenhed. Hoveddelene som er:

- LED enhed
- lampe design
- Styringselektronik, sensorer
- Styringsprogram, brugergrænseflade (GUI) og lysstyrings algoritmer

beskrives kort i de følgende afsnit i rapporten. Rapporten giver ikke en detaljeret beskrivelse af de enkelte delsystemer, men giver et overblik over hvordan systemet er sammensat og fungerer.

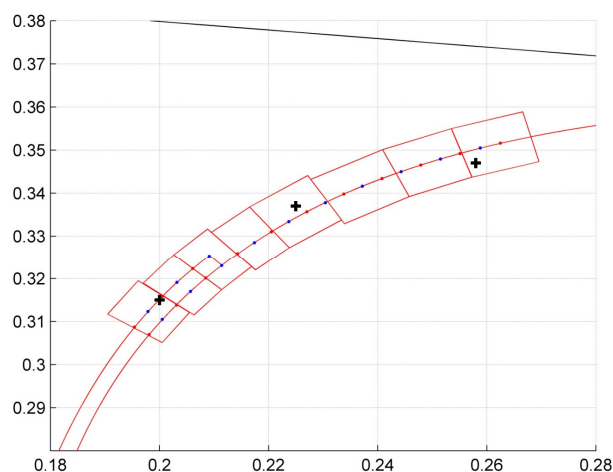


Figur 1 Skematisk overblik over det intelligente belysningssystem.

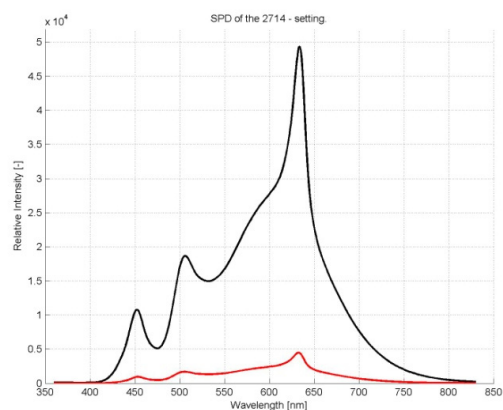
LED enhed

Kravet til lyset var at dets hvide farve skulle kunne varieres over farvetemperaturer fra 2700 K til 7000 K, og i alle indstillinger være karakteriseret ved meget god farvegengivelse, $R_a > 92$. Der er opbygget en LED enhed som benytter 9 typer af hhv. hvide og farvede LEDer: Rød, Cyan, PCamber, (Grøn), Blå 455nm, Blå 470nm, varmhvid, neutralhvid, koldhvid. Lyset fra de enkelte typer af LEDer kan styres ved Pulse Width Modulation (PWM) og for de hvide LEDer også ved styring af operationsstrømmen.

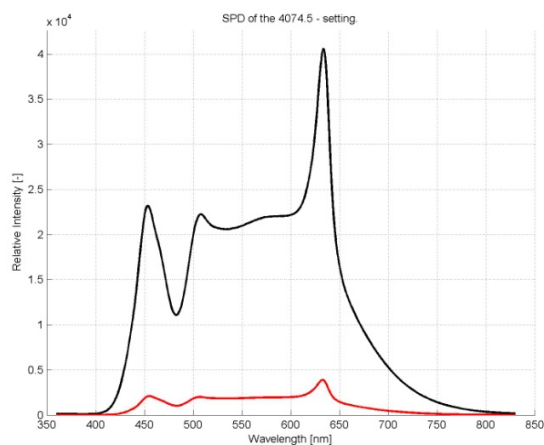
Farvestyringen af lyset fra LED-enheden er baseret på en spektral karakterisering af de enkelte LEDer på diodeprintet målt i steady state som funktion af strøm og PWM dæmpning. Forhold som temperatur og ældning er der ikke implementeret korrigering for. Der er udført optimeringsberegninger for den ønskede farvesammensætning (spektralfordeling) af lyset ved de ønskede farvetemperaturer fra 2700 – 7000 K, hvor kromaticitet, farvegengivelse og lysstrøm optimeres. På farvediagrammet i Figur 2 er vist punkterne for de hvide farver af det resulterende lys fra lampen som ligger på og mellem de røde og blå prikker. På Figur 3 er vist den optimeret spektralfordeling for varmt hvidt lys ved 2714 K, ved hhv. 100 og 10 % lysstyrke.



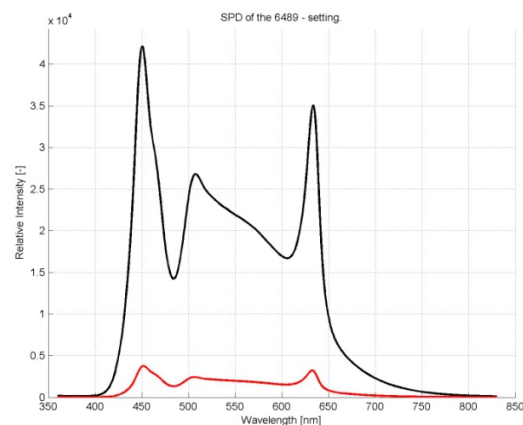
Figur 2 Kromaticitetsdiagram (u,v) der viser punkterne for de hvide farver af de tre hvide LEDer i lampen (sorte krydser) af det resulterende lys fra lampen som ligger på og mellem de røde og blå prikker.



Figur 3 Optimeret spektralfordeling for varmt hvidt lys ved 2714 K, ved hhv. 100 og 10 % lysstyrke.



Figur 4 Optimeret spektralfordeling for neutralt hvidt lys ved 4075 K, ved hhv. 100 og 10 % lysstyrke.



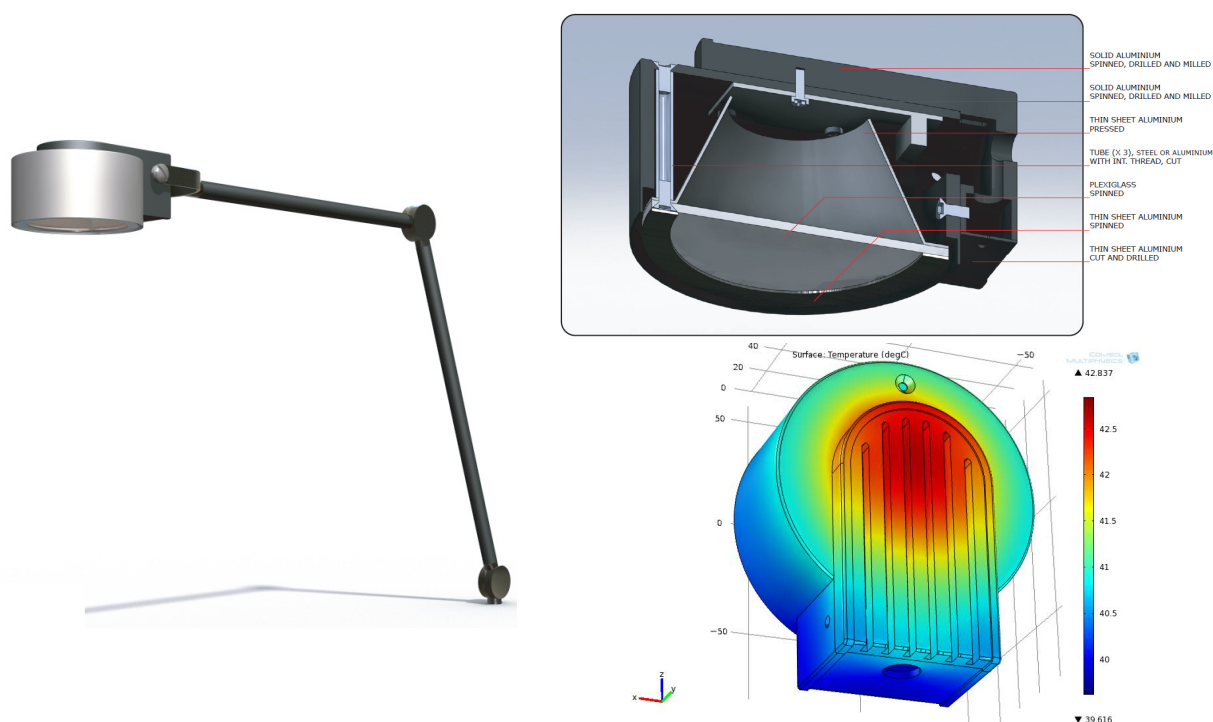
Figur 5 Optimeret spektralfordeling for koldt hvidt lys ved 6489 K, ved hhv. 100 og 10 % lysstyrke.

Tilsvarende spektralfordelinger er vist Figur 4 og Figur 5 for korrelerede farvetemperaturer af det hvide lys på hhv. 4075 K og 6489 K. Disse kan karakteriseres som hhv. neutralt og koldt hvidt lys. For hver indstilling af lyset,

med hensyn til farve og lysstyrke opnås værdier for styringen af de enkelte typer af LEDer på LED enheden. Alle disse indstillinger er organiseret i en tabelform som input til styringselektronikken.

Lampedesign

Det var ønsket at få fremstillet en dedikeret lampe til belysningsystemet og designeren Jesper Wolff blev engageret til dette arbejde. Som udgangspunkt for dette arbejde var LED enhedens størrelse, effektforbrug, samt foretrukken udformning af blandingskammer specificeret. Ud fra effektforbruget og lampehovedets materiale blev der opbygget en model (i Comsol) af varmeafgivelsen fra LED enheden for at sikre en tilstrækkelig effektiv passiv køling af LED enheden. Den designede lampe ses i Figur 6 til venstre. Øverst til højre ses en tværsnitstegning af lampehovedet, der viser LED print og blandingskammer. Nederst til højre ses resultatet af en modelberegning af varmefordelingen på lampehovedet, som viser en overflade temperatur på armaturet på omkring 45 °C.

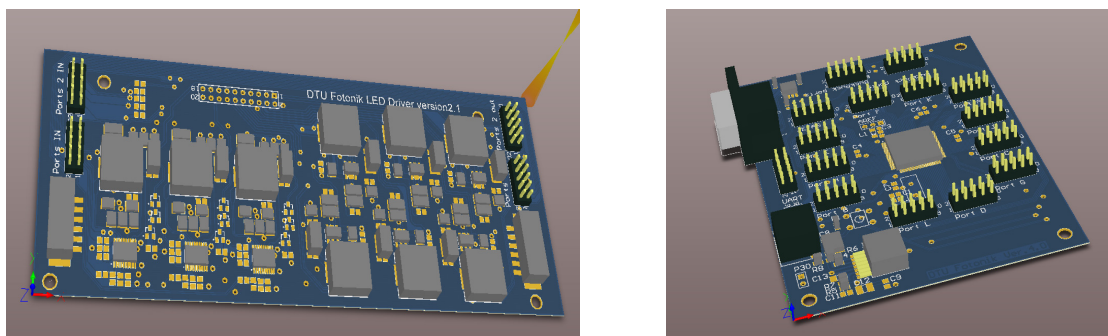


Figur 6 Design af lampeenhed, med lampehoved og arm. Til højre ses en tværsnitstegning af lampehovedet, der viser LED print og blandingskammer. Nederst til højre ses model af varmefordelingen på lampehovedet.

Styringselektronik

Der er udviklet driver- og styring-enheder til det intelligente belysningsystem, se Figur 7. Driverenheden styrer lyset fra de enkelte typer (farver) af LEDer, som er serieforbundet, ved styring af operationsstrømmen og Pulse Width Modulation (PWM). Der er 3 LED kanaler som kan strøm- og PWM styres, fra 0-1A, og 6 LED kanaler (5 stk 1A, 1stk 700mA), der kun kan PWM styres. Tabelværdier for operationsstrøm og PWM dæmpning for de

enkelte typer af LEDer sendes fra Labview styring programmet til styringsenheden som sætter de ønskede værdier på driverenheden. CAN bus interfacet som indikeret på Figur 1 er ikke implementeret.

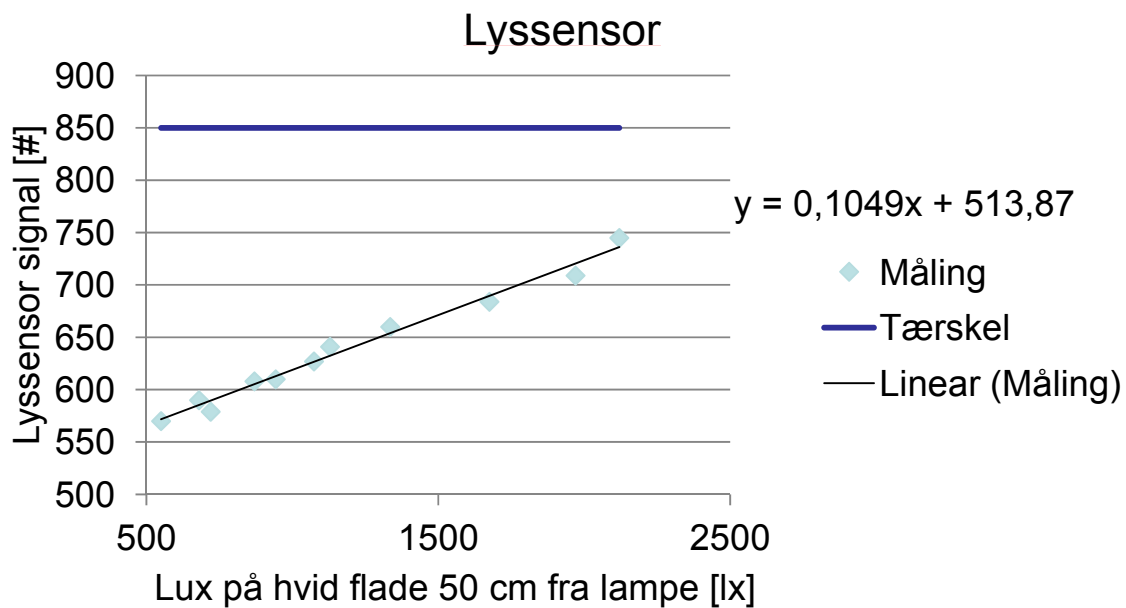


Figur 7 Driverprint (til venstre) og styreprint (til højre) til intelligent belysningsystem

Sensorstyring

Det intelligente belysningsystem er udstyret med en PIR sensor og en lyssensor, som skal sikre energibesparelser ved at systemet selv slukker eller dæmpes, hvis der ikke er nogen aktivitet i lampens nærområde og/eller hvis der er tilstrækkeligt lys udefra. Disse sensorer er koblet til styreenheden af systemet.

Lyssensoren har et tilnærmet spektralrespons som svarer til øjets lysfølsomhed og er placeret i lampehovedet. Den måler således det tilbagekastede lys fra den belyste flade. Responset af lyssensoren er vist på Figur 8, hvor lyssensor signalet er vist i forhold til målt illuminans (lux) på en hvid flade i arbejdsområdet. Lys sensoren's værdi læses og retuneres til Labview programmet. Den udløser energibesparende mode ved kraftig dagslys indfald, for lyssensor signaler over tærskel værdien på 850. I forhold til aktivitet i lampens nærområde slukkes lampen, hvis der ikke har været signal fra PIR sensor inden for 10 minutter.



Figur 8 Respons af lyssensor i forhold til målt illuminans (lux) på hvid flade i arbejdsområdet.

Styringsprogram

Der er udviklet et pc-styringsprogram i Labview til bruger-input og -styring af det intelligente belysningsystem. Brugergrænseflade er udformet som skulle den være på en iPhone med tre faneblade som vist på Figur 9.



Figur 9 Viser det udviklede brugergrænseflade med tre faneblade for hhv. manuel styring, præinstallererede lysscenarier og personlige indstillinger.

De tre faneblade er hhv. til manuel styring, præinstallerede lysscenarier og personlige indstillinger. I styringsprogrammet er udviklet og opbygget en række lysstyringsalgoritmer, som baseret på de personlige indstillinger for brugeren og aktuel tid, styrer styrke og farvetemperatur af lyset fra lampen.

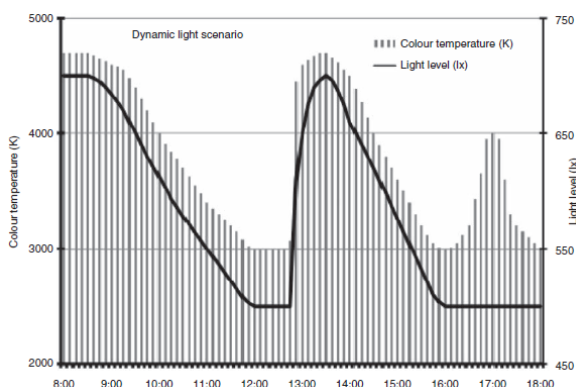
Lysstyringsalgoritmerne er udviklet efter den antagelse at forhøjet eksponering med blå lys forøger menneskers generelle aktivitetsniveau, specielt hvis det justeres i forhold til døgnets rytme. Figur 10 viser en afprøvet dynamisk lysscenarie¹ med variation af hhv. lysets farvetemperatur og belysningsstyrke i løbet af en dag, som vi har taget udgangspunkt i.

Lysstyringsalgoritmerne regulerer lysets egenskaber i dynamiske senarier i forhold til:

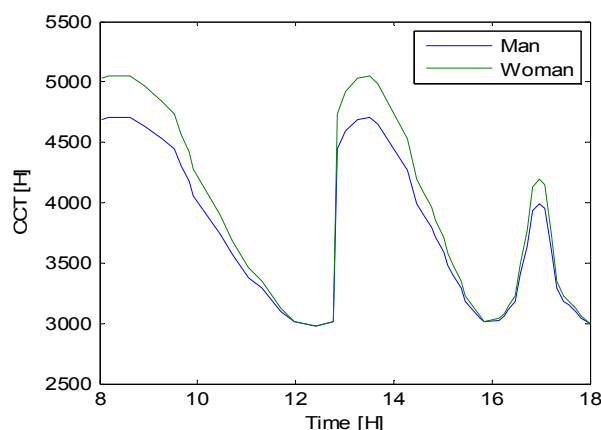
Kønsbetinget lys; lysets farvetemperatur og dermed indhold af blå lys forøges procentuelt for kvindelige brugere da undersøgelser viser, at kvinder påvirkes kraftigere af forholdet mellem dagslys og nattemørke. Se eksempel på lysscenarier efter kønsbetinget algoritme på Figur 11.

Kronotypebetinget lys; lysets farvetemperaturskift modificeres i løbet af dagen således at B-mennesker bliver udsat for en kraftigere påvirkning af blå lys om morgenen, hvor de normalt vil være uoplagte og A-mennesker vil få en kraftigere påvirkning senere på dagen for at modvirke den uoplagthed de kan opleve her. Se eksempel på lyssenarier efter kronotypebetinget algoritme på Figur 12.

Aldersbetinget lys; lysets intensitet forøges eksponentielt med alderen på brugeren, da studier viser at der sker en tilsvarende forringelse af lysfølsomheden hos ældre. Se eksempel på lysscenarier efter aldersbetinget algoritme på Figur 13.

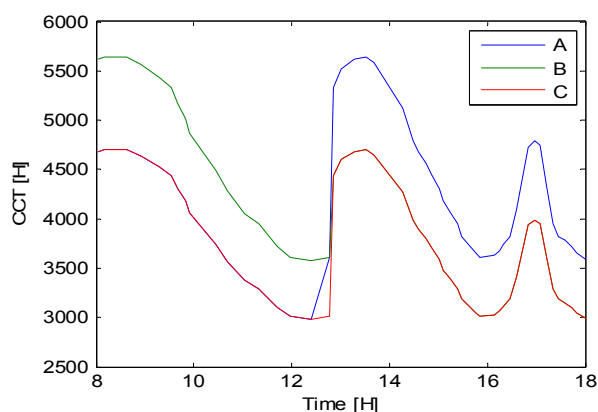


Figur 10 Dynamisk lysscenarie med variation af hhv. lysets farvetemperatur og belysningsstyrke i løbet af en dag, Ref 1.

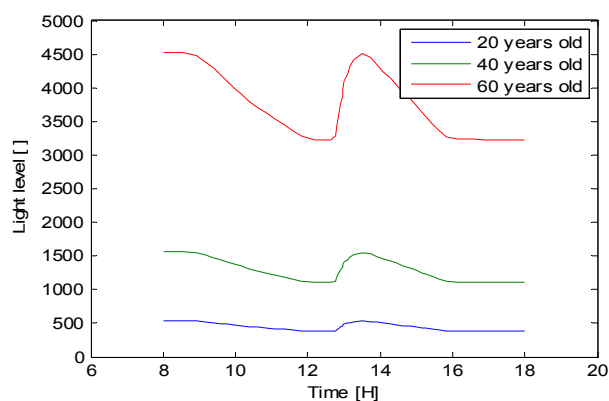


Figur 11 Eksempel på lysscenarier efter kønsbetinget algoritme.

¹ Y. de Kort and K. Smolders, "Effects of dynamic lighting on office workers: First result of a field study with monthly alternating settings", Lighting Rec. Tech., **42**, pp. 345-360, (2010).



Figur 12 Eksempel på lysscenarier efter kronotypebetinget algoritme



Figur 13 Eksempel på lysscenarier efter aldersbetinget algoritme.

Konklusion

Rapporten giver en beskrivelse af hvordan det udviklede intelligente belysningssystem er sammensat og fungerer. Systemet er udført som en arbejdslampe, der muliggør dynamisk ændring af lysets farvesammensætning efter en række lysstyringsalgoritmer. Det er specielt udformet i forhold til de brugertest af det intelligente belysningssystem, som udføres i projektet afsluttende del.

Der er således skabt en intelligent og avanceret styring af LED belysning, der muliggør optimering af brugerens lysforhold i en given situation. Ud fra en række kendte parametre vil systemet kunne regulere lyssætningen således, at der til enhver tid skabes optimale lysforhold med anvendelse af mindst mulig elektrisk energi.